

# 鲁奇气化用型煤研发的技术瓶颈分析

张永江 (阜新市产业技术创新推广中心 (阜新市产业技术研究院), 辽宁 阜新 123000)

**摘要:** 随着科学技术的不断发展, 粉煤成型技术取得了诸多突破, 积累了丰富的生产经验, 然而鲁奇气化用型煤研发还面临明显的技术瓶颈问题, 极大的影响了相关技术措施的应用效果。本文从鲁奇加压气化用型煤研发现状进行总结梳理, 分析鲁奇气化用型煤研发面临的技术瓶颈问题, 进而提出鲁奇气化用型煤研发展望和建议, 旨在为鲁奇气化用型煤技术的规模工业应用提供可行路径。

**关键词:** 鲁奇加压气化; 气化用型煤; 技术瓶颈; 技术创新

## 0 引言

煤气化技术是煤炭资源清洁化利用的核心, 以鲁奇加压气化为代表的加压气化技术具有气化效率高、耗氧量低、合成效率高等优点, 在煤化工领域得到了较为广泛的应用, 国内众多煤化工企业纷纷建立鲁奇气化炉来生产型煤。然而传统的鲁奇气化原料使用块煤或大于 5mm 粒度级的粉煤, 由于块煤产量有限导致原料供应不足且价格攀升, 煤炭资源利用率不高。大量的粉煤资源得不到充分利用, 利用廉价粉煤成型替代块煤成为解决煤炭资源短缺问题的必要途径。因此, 如何实现粉煤制备鲁奇加压气化用型煤是煤化工领域面临的重要技术难题, 这需要对型煤生产技术的发展现状进行总结梳理, 分析鲁奇气化用型煤研发面临的困难和问题, 探讨用粉煤替代块煤的解决方案。

## 1 鲁奇加压气化用型煤研发现状

### 1.1 型煤生产工艺

目前, 国内的型煤生产工艺已经形成多种粉煤成型技术, 根据原料性质和应用场景不同发展出各有特点的生产工艺。总的来说, 根据型煤成型温度可以分为热压成型和冷压成型两个类别, 其中热压成型通过加热来发挥粉煤的黏结性能, 可以生产出大量胶质体将粉煤压制成型; 冷压成型则在常温条件下, 借助较大压力来使煤料压制成型。

热压成型与冷压成型的区别主要在于生产工艺的温度, 热压成型工艺需要快速加热, 对压力的要求不高, 但是对粉煤自身的黏结性有一定要求, 如果煤料自身黏结性不达标会影响型煤强度, 而黏结性过高可能生产过程中导致型煤黏结或变形。冷压成型工艺无需加热, 但需要在较大压力环境下压制成型, 对煤料自身黏结性无明确要求, 但较为依赖煤料的弹性与塑性。泥炭等塑性好、弹性差的煤料成型效果好, 可以在高压条件下压制成型, 而塑性差、弹性好的煤料难以被压制成型, 还需要添加黏结剂来改善成型性能, 且黏结剂性能对型煤质量有直接影响。

### 1.2 黏结剂的应用

在型煤压制成型过程中, 使用黏结剂是为了增强煤粉颗粒之间的作用, 改善型煤的冷、热强度。黏结剂需

要对煤料表面用很好的润湿性, 尽量少增加型煤灰分, 还需要考虑制备工艺、加入方式、来源地、环保性等方面的情况, 尽量使用来源广、价格廉、易使用、无污染的黏结剂, 并优先考虑可以改善型煤反应活性、降低含硫化合物排放的优质黏结剂。

型煤黏结剂大体可以分为有机型、无机型和复合型三个类别, 为了了解各种黏结剂的性能和适用范围, 众多专家学者对型煤黏结剂展开一系列的试验研究。有机黏结剂包括煤沥青、腐殖酸、生物质、高分子聚合物等, 具体有聚乙烯、酚醛树脂、聚氨酯、脲醛复合胶等, 有机黏结剂的优点在于黏结性能好、冷强度较高且不会增加灰分, 缺点在于型煤热强度较差; 无机黏结剂包括黏土、高岭土、水玻璃、磷酸盐等, 优点在于可改善型煤热强度, 缺点在于会增加灰分且防水能力较差; 复合黏结剂可以兼顾有机与无机黏结剂的优点, 通过匹配各种黏结剂来激发协同作用, 使黏结剂更适应型煤生产的需要。

### 1.3 鲁奇加压气化用型煤的技术要求

鲁奇加压气化用型煤需要使用鲁奇气化炉的特殊工况, 而气化炉处于高温、高压环境下, 煤料从顶部间歇式加入, 水蒸气和氧气等气化剂由底部通入, 与煤料接触反应生成粗合成气。进入气化炉的煤料需要经过干燥、热解、气化和燃烧四个环节, 为提高床层透气性和反应速度, 一般使用粒度级在 5-50mm 的低黏结性块煤, 产生的灰渣由炉算排出, 要求灰分在高温反应下不易熔融黏结, 避免灰渣黏结无法顺利排出的问题。

考虑到鲁奇气化炉的特点, 鲁奇加压气化用型煤需要具备较好的冷态、热态强度, 较低的灰分和适合的灰熔点, 以及良好的内部孔隙结构。首先, 型煤气化过程的四个环节需要具备一定的强度, 不能发生粉化解体现象, 避免气路阻塞引发火层上移等问题影响气化炉正常生产, 为此型煤需要具备较好的冷、热强度, 可以适应高温、高压的富水汽环境。其次, 鲁奇加压气化用型煤需要达到 65% 以上的碳含量, 灰熔点与反应活性相适应, 必须考虑型煤灰分的影响, 并使用助熔矿物的含量来调控灰熔点。最后, 鲁奇气化炉内部需要有良好的气体扩散通道, 便于气化剂和产物扩散, 避免碳质反应不

完全造成浪费。

#### 1.4 鲁奇加压气化用型煤研发进展

我国国内的煤化工项目主要位于西北和内蒙地区，多使用鲁奇加压气化工艺。该工艺具有技术成熟、投资不高、甲烷产量高等优势，是众多煤化工企业的首选技术。然而由于鲁奇气化炉主要使用粒度级在 5-50mm 之间的煤料，而煤炭机械化开采的块煤产量不高，导致鲁奇加压气化用型煤资源需求紧张，生产成本大幅上升。比如新疆等地区的长焰煤块煤产率不高，且水分高、变质程度低，容易在输送存储阶段破损，投入生产的块煤比例进一步降低。煤化工企业面临块煤资源供应不足而粉煤大量堆积的尴尬局面，使用粉煤替代块煤用于鲁奇加压气化用型煤成为改善上述问题的有效解决方案。

气化型煤研究集中在鲁奇炉和常压固定床气化炉等方面，虽然腐殖酸煤棒等常压气化型煤在常压气化炉中的应用较为普遍，带来了可观的经济效益，然而鲁奇炉借助高温、高压操作可以带来更高的气化效率和气体产率，拥有更为广阔的发展前景。鲁奇气化炉的反应条件对型煤的性能指标有更高的要求，有企业以贫瘦煤等为原料制备型煤，压制成型的型煤在机械强度、热稳定性等方面好于块煤，但在工业性试烧中表现出结渣、带出物多等问题；有学者针对长焰煤研发酸性纸浆废液与熟土混合制成的黏结剂，制成的型煤比块煤的冷强度、反应活性等性能更好。有学者使用亲水有机高分子物质和无机物混合制成黏结剂，制成型煤的冷、热和浸水强度良好。由此可见，众多煤化工企业及研发人员纷纷开展鲁奇加压气化型煤技术的研发工作，研究各种新型的黏结剂和生产工艺，推动了鲁奇炉加压气化技术的发展与应用。

### 2 鲁奇气化用型煤研发面临的技术瓶颈

虽然国内外的众多企业和专家学者在鲁奇气化用型煤方面展开了持续、深入的研究，结合实验室研究与工业性试烧来推动工业化发展的进程。但目前取得的成果仍难以满足现实要求，普遍存在气化炉偏烧、带出物多、气体含量波动大、结渣等现象，粉煤成型的效果不够理想。究其原因，主要在于相关研究的理论基础不够扎实，缺乏针对性的质量参数标准，以及型煤试烧经验不够充分。

#### 2.1 理论基础不足

粉煤成型机理在于煤粉之间、煤粉与黏结剂之间的相互作用，需要经历惯性变形与黏弹塑性变形两个环节，在不同环节粉煤、黏结剂的相互作用并不相同。目前专家学者普遍认为冷压成型过程中煤粉与黏结剂之间存在固体、液体桥联联结力和静电吸引力等多种作用力，但对不同阶段各种作用力的实际情况无法给出准确描述，依赖于经验和试错。由于型煤质量的相关因素众多，不仅需要考虑到煤料自身的硬度、表面特性等情况，还需要考虑黏结剂的性能，依赖经验和试错来寻求最优解的难

度过大。现有的理论基础无法为这个多变量的复杂系统提供科学指导，使得相关研究缺乏头绪，难以取得理想效果。

#### 2.2 鲁奇气化用型煤缺乏质量参数标准

当前型煤质量标准仅有常压气化用型煤的质量标准，尚未建立起鲁奇气化用型煤的专有质量标准体系。现有的常压气化用型煤质量标准中的“冷抗压强度”等参数无法反映鲁奇炉对型煤质量的要求。研究结果表明，实验室测得数据与工业试烧结果差距显著，证明现有的质量参数标准具有很大的局限性，无法为鲁奇气化用型煤研发提供可靠依据。

目前，很多学者投入时间和精力研究鲁奇气化用型煤的质量参数标准，尝试使用冷、热浸水强度等指标来衡量型煤质量，但相关研究尚不够深入和全面，取得的研究成果尚有待进一步验证，通常只给出了经验指标值，且不同研究成果之间存在一定差异。由于缺乏可靠、规范的质量参数标准，鲁奇气化用型煤的研发工作举步维艰，难以系统、有序的开展下去。

#### 2.3 型煤试烧经验欠缺

目前块煤的工业试烧操作经验较为成熟，然而对于型煤试烧方面缺乏丰富的经验。块煤和型煤在工艺利用特性角度上的差异不大，二者都是块状煤炭，具有一定冷态和热态强度，然而由于成块机理不同，二者所表现出来的性质也存在明显差异。块煤指的是原始成煤植物在一定条件下形成的块状煤炭，经历煤化作用和缩聚反应后内部芳核结构愈加致密；型煤指的是使用煤粉与黏结剂经过胶联作用和压制成型的块状煤炭，型煤生产依靠两种原材料的电荷性耦合、化学反应和吸附力等作用。由此可见，块煤的成块机理主要在于化学交联作用，而型煤主要在于黏合作用，这导致两者的性能指标和气化表现明显不同。

由于型煤与块煤在反应活性、炉内反应特点等方面各有不同，因而在工业试烧过程中需要科学调整原料粒径范围、操作手法等，目前型煤工业试烧更多沿用块煤工业试烧的做法，采取的调整针对性和适用性有限，可能造成试烧结果数据失准的问题，无法为鲁奇气化用型煤研发提供准确、可靠的数据支持。

### 3 鲁奇气化用型煤技术研展展望与建议

#### 3.1 夯实鲁奇气化用型煤研发技术的理论基础

煤化工企业和相关专家学者应集中精力研究粉煤成型不同阶段各种作用力的相互作用情况，对不同作用力的作用和实际情况进行清晰、准确的阐述。这是一个复杂的系统工程，既需要从以往的经验中总结规律，还需要开展系统的试错，不断总结出新的经验。为了减轻研究工作的压力，减少相关投入，需要确立科学的研究方向，对相关理论知识进行综合运用，梳理出总体的研究目标和流程步骤。在此基础上，应加强不同企业、学者之间的交流与合作，避免过多重复性的投入，强化智力

资源之间的协作,依靠行业资源通力合作,共同夯实鲁奇气化用型煤研发的理论基础,为粉煤压制成型的实践操作提供科学指导。

在此基础上,应尝试归纳总结和优化完善鲁奇气化用型煤的制备工艺。目前鲁奇气化用型煤制备,有部分研究主张加入炼焦煤煤粉制备炭化型煤,可以保证冷态、热态防水性能,满足鲁奇气化炉的技术要求。有研究选择焦油、沥青等热强度高且不吸水的黏结剂,保证冷态强度和热态防水能力,如果热态强度不足可添加铝矾土等无机黏结剂来补强,黏结剂添加采用“油包水”的模式,降低水分添加量。

结合当前国内外粉煤成型技术的发展情况,建议从黏结剂+冷压成型研发方向转为有黏结剂冷压成型+碳化过程,尝试面向工业应用的技术突破。黏结剂+冷压成型是较为成熟的粉煤成型方式,然而难点在于黏结剂的研发,很难兼顾鲁奇气化技术与成本要求,短期内难以获得突破性进展。而更换粉煤成型工艺路径,加入碳化过程可以弥补黏结剂性能不足,碳化过程可以使型煤有更好的物理化学性能,不受水蒸气影响型煤质量,可以沿用现有的质量标准。这一方向可以降低黏结剂研发难度,但会增加碳化过程的加工成本,需要使用适合碳化过程的廉价黏结剂,并通过大规模生产来降低高温碳化引起的成本升高。

### 3.2 构建鲁奇气化用型煤质量参数标准体系

粉煤成型的质量参数标准不能照搬挪用常压气化用型煤的旧有体系,而是要针对鲁奇加压气化技术的特点,构建更具针对性与适用性的质量参数标准体系。为此,应研究鲁奇气化用型煤的质量影响因素,建立质量指标体系,再科学确定质量参数标准,给出质量参数的标准范围,持续提升质量参数标准的可靠性、规范性和统一性。

鲁奇炉与常压固定床气化炉对比,采用高温高压操作,气化稳定在1000℃以上,反应压力在2.0MPa以上,炉内温度从干燥层向氧化层逐层升高,炉内充满富氧空气和水蒸气,具有高温、高压、富氧、水蒸气氛围的特点,对型煤防水性能等方面有较高要求。热稳定性、热强度指标体现型煤受热后的强度情况,其中热稳定性考查型煤受热后的耐磨程度,热强度考查抗压强度,相对而言热强度适应性更广。鲁奇加压气化炉生产过程中,热强度不等同于热态强度,需要考虑在水蒸气环境中的浸水强度、粉化粒度等情况,建立热态浸水强度指标。热态浸水强度指标可以模拟气化炉气氛,区分块煤和粉煤强度,测试方法为850℃干馏后热态浸水24h,在1000N压力下测量碎裂后3mm以上的比例。冷压强度指标体现冷态下的抗压强度,而在鲁奇气化炉中承压很小,主要受温度和水蒸气影响,冷压强度无需作为质量指标。相关的抗碎指标衡量皮带倒运过程的粒度保持能力,可以作为鲁奇气化用型煤的质量指标。鲁奇气化炉

上煤系统面临喷淋降尘和极端天气工况,冷态浸水强度具有一定参考意义。可以参考热态浸水强度指标,冷态浸水24h后测量1000N压力下碎裂后3mm以上的比例,用于区分块煤、粉煤的防水性能。

在鲁奇气化用型煤研发过程中,应结合鲁奇炉的生产特点和技术要求,筛选出具有针对性的质量参数指标,并科学制定各项指标的测量方法和标准范围。上述冷态、热态浸水强度和抗碎强度指标,可以表征鲁奇气化用型煤的主要性质,区分块煤和型煤气化性质,具体的参数标准需要大量的工业实验来进行总结和验证。

### 3.3 积累型煤试烧经验

针对型煤试烧经验不足的问题,需要参考块煤试烧的成熟经验,结合型煤的独特性质,考虑块煤与型煤的差异,对工业试烧的工艺流程和参数设置、操作手法进行调整和优化。在型煤试烧过程中不断总结经验教训,使工艺操作调整更具针对性和可行性,保证试烧结果数据的准确、可靠。

## 4 结语

在倡导绿色低碳的社会背景下,煤气化技术是煤炭资源清洁转化利用的重要工具,鲁奇加压气化技术的研发有助于改善煤炭资源清洁转化利用效果。结合上文的分析,鲁奇气化用型煤技术研发工作应立足于现有的型煤生产工艺和黏结剂情况,遵循鲁奇加压气化用型煤的技术要求,在当前的技术层面上推陈出新,不断夯实研发技术的理论基础,构建科学、系统的质量参数标准体系,积累总结型煤试烧操作经验,循序渐进推动鲁奇加压气化用型煤技术的规模工业应用。

### 参考文献:

- [1] 焦多瑞.鲁奇加压气化用型煤工业应用研发展望[J].化工管理,2020(12):5-6.
- [2] 李昌伦,谭代福,刘伟,林雄超.鲁奇加压气化用型煤工业应用研发展望[J].煤炭技术,2019,38(12):149-152.
- [3] 王东升,王学民,李兴玉,刘明锐,王晨,孙楠翔.新疆长焰煤制备鲁奇气化型煤技术研究[J].煤质技术,2018(06):5-9.
- [4] 王峰,田秀山,刘岗,卿涛,张双全.伊犁长焰煤制备气化用型煤的试验研究[J].煤炭加工与综合利用,2018(02):53-56+71.
- [5] 刘明锐.鲁奇加压气化用型煤技术探讨[J].煤质技术,2017(05):69-72.
- [6] 田斌,许德平,庞亚恒,杨芳芳,王永刚.适用于鲁奇气化的型煤成型机理及热性能研究[J].中国煤炭,2013,39(07):80-84.
- [7] 田亚鹏,伏盛世.长焰煤制鲁奇气化炉气化型煤生产技术的改进[J].煤炭技术,2009,28(08):132-133.
- [8] 庞晓斌,闫秀华.气化用工业型煤的生产实践[J].煤炭加工与综合利用,2007(01):37-40+57.